

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Perubahan iklim terjadi akibat fenomena pemanasan global, merupakan meningkatnya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer akibat berbagai aktivitas manusia dan sebagian unsur alam. Gas Rumah Kaca (GRK) adalah gas-gas di atmosfer yang memiliki fungsi seperti panel-panel kaca di rumah kaca yang bertugas menangkap energi panas matahari agar tidak dilepas seluruhnya ke atmosfer kembali (WWF, 2015). Pengaruh aktivitas manusia di bidang ekonomi, industri, transportasi memberikan dampak terhadap peningkatan suhu rata-rata bumi. Aktivitas manusia tersebut menghasilkan beberapa gas buangan di atmosfer. Menurut Protokol Kyoto yang menjadi konsentrasi dalam pengendalian emisi GRK yaitu karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dinitro oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), *hidroflourocarbons* (HFCs), *perfluorocarbons* (PFCs), dan *sulfurhexafluoride* ( $\text{SF}_6$ ). GRK di atmosfer berfungsi menjaga suhu permukaan bumi agar tetap hangat namun jika komposisinya tidak seimbang, terjadi peningkatan  $\text{CO}_2$ , radiasi sinar matahari yang sebagian dipantulkan kembali ke luar angkasa justru terperangkap di bawah atmosfer oleh GRK sehingga menyebabkan peningkatan suhu permukaan bumi.

Perkembangan daerah tentunya menyumbang pengaruh terhadap GRK di atmosfer terutama yang berasal aktivitas manusia. Dampak dari perkembangan daerah terhadap lingkungan cenderung berdampak negatif dan mengarah ke perubahan ruang terbuka hijau menjadi lahan terbangun. Lahan terbuka hijau banyak yang dialih fungsikan menjadi permukiman, pusat perbelanjaan, pusat perdagangan, tempat rekreasi, pusat industri, dan lain sebagainya. Upaya pembangunan daerah tentunya diikuti dengan meningkatnya penggunaan sarana dan prasarana transportasi untuk mendukung pembangunan tersebut. Hal tersebut berdampak langsung ke udara sekitar dengan munculnya masalah lingkungan yaitu peningkatan karbon dioksida, kebisingan, dan suhu udara yang meningkat.

Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) adalah gas yang tidak berwarna dan tidak mudah terbakar pada suhu dan tekanan normal yang terdiri dari satu atom karbon dan dua atom oksigen (UCAR, 2006). Karbon dioksida memiliki peran kunci dalam siklus karbon bumi, yaitu serangkaian proses yang mengolah karbon dalam berbagai bentuk di seluruh lingkungan. Sumber alami karbon dioksida di atmosfer adalah pemanasan vulkanik dan kebakaran hutan. Tumbuhan melalui fotosintesis menggabungkan  $\text{CO}_2$  dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) untuk menghasilkan karbohidrat ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) dan oksigen ( $\text{O}_2$ ) sebagai produk sampingan. Hutan dan lautan yang mendukung mikroba berfotosintesis karena itu bertindak sebagai "sinks" karbon besar, mengurangi karbon dioksida dari atmosfer melalui fotosintesis. Atmosfer awal bumi memiliki kadar  $\text{CO}_2$  yang jauh lebih tinggi dan hampir tidak ada oksigen. Munculnya organisme fotosintesis menyebabkan peningkatan oksigen yang memungkinkan pengembangan makhluk bernapas oksigen. Karbon dioksida adalah gas rumah kaca penting yang membantu menjebak panas di atmosfer. Akan tetapi, peningkatan konsentrasi  $\text{CO}_2$  secara bertahap di atmosfer bumi mendorong pemanasan global, mengancam dan mengganggu iklim bumi karena suhu global rata-rata meningkat secara bertahap (UCAR, 2006).

Segala aktivitas yang berhubungan dengan pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas sisa yaitu karbon dioksida. Jika komposisinya di atmosfer melebihi ambang batas akan menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan. Peningkatan emisi karbon dioksida tidak diikuti dengan upaya pelestarian ruang terbuka hijau, padahal ruang terbuka hijau memiliki fungsi salah satunya penyerap karbon dioksida di perkotaan karena vegetasi mampu mengubah karbon dioksida menjadi oksigen. Saat ini ruang terbuka hijau di perkotaan semakin terdesaknya akibat semakin pesatnya perkembangan suatu daerah.

Kabupaten Klaten merupakan kabupaten yang terletak di antara dua kota besar yaitu Yogyakarta dan Surakarta. Kabupaten Klaten sebagai jalur utama penghubung dua kota tersebut memiliki peran penting dalam jalur transportasi. Peran tersebut menjadikan lalu lintas di Kabupaten Klaten cukup ramai dilalui oleh kendaraan motor, mobil pribadi, angkutan umum, atau angkutan barang. Lalu lintas yang ramai berdampak secara langsung terhadap peningkatan polutan yaitu

karbon dioksida di sebagian Kabupaten Klaten. Selain itu, perkembangan Kabupaten Klaten yang cukup pesat sebagai Kabupaten penyangga dua kota besar memungkinkan perubahan lahan hijau menjadi lahan terbangun sehingga dikhawatirkan ruang terbuka hijau akan terus semakin berkurang. Undang Undang Nomor 26 Tahun 2007 mendefinisikan Ruang terbuka hijau (RTH) sebagai area memanjang/ jalur dan / atau mengelompok yang penggunaanya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alami, maupun yang sengaja ditanam. Menurut Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Klaten tahun 2015 menyebutkan ruang terbuka hijau (RTH) di Kabupaten Klaten tahun 2015 hanya sekitar 20% yang seharusnya menurut Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 mensyaratkan 30% dari luas wilayah. Hal tersebut menunjukkan ketersediaan ruang terbuka hijau belum memenuhi jumlah minimal yang seharusnya sebesar 30%. Jumlah ruang terbuka hijau yang hanya sebesar 20% diperlukan penelitian untuk mengetahui kemampuan vegetasi dalam menyerap karbon dioksida sebagai upaya pengurangan emisi karbon dioksida.

Salah satu permasalahan RTH di Kabupaten Klaten adalah perubahan RTH menjadi non-RTH. Perubahan tersebut dapat ditunjukkan dengan penyusutan lahan pertanian Kabupaten Klaten. Penggunaan lahan pertanian di Kabupaten Klaten dari tahun 2011 hingga 2015 mengalami rata-rata penurunan 0,19%. Perubahan lahan pertanian ke non-pertanian seluas 55,2309 ha berubah menjadi perumahan 74,05%, industri 24,74%, dan jasa 1,21%. Pada tahun 2015, lahan sawah dan tegalan seluas 55,2309 ha berubah menjadi kawasan permukiman seluas 40,8997 ha, kawasan industri seluas 13,6631 ha, kawasan jasa 0,6681 ha (Klaten dalam angka 2016). Perubahan tersebut menunjukkan penyusutan ruang terbuka hijau/vegetasi khususnya lahan pertanian di Kabupaten Klaten. Selain perubahan lahan sawah menjadi lahan terbangun yang tercatat dari BPS, penyusutan lahan hijau di Kabupaten Klaten dapat dilihat perubahan lahan hijau menjadi lahan terbangun seperti Gambar 1.1 berikut ini.



Gambar 1. 1 RTH di belakang kompleks Pemkab Klaten a)Maret 2015 dan b)Agustus 2017

(Sumber: a)Google Maps Maret 2015 dan b)Dokumentasi primer)

Gambar 1.1 adalah lahan terbuka hijau yang terletak di belakang kompleks Pemkab Klaten di Jalan Pemuda Selatan, Desa Tegalyoso, Kecamatan Klaten Selatan. Pada Maret 2015 lahan tersebut masih berupa tanah lapang berumput dengan sedikit pepohonan. Sedangkan pada tahun 2017 atau saat ini lahan tersebut mengalami perubahan menjadi lahan terbangun untuk pembangunan Kantor Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil. Pembangunan tersebut diperlukan untuk memenuhi sarana gedung lama yang kurang memadai. Pembangunan ini menyebabkan berkurangnya RTH dan penyusutan biomassa meskipun dalam jumlah yang sedikit. Perubahan RTH menjadi non-RTH merupakan salah satu permasalahan yang dapat mengancam eksistensi biomassa jika terjadi secara terus-menerus. Keberadaan RTH yang semakin berkurang khususnya di sekitar pusat kota berdampak pada penyusutan biomassa yang memungkinkan menurunnya pengendalian emisi karbon dioksida oleh biomassa sehingga terjadi pencemaran lingkungan yang lebih tinggi.

Upaya pengurangan emisi karbon dioksida dapat dilakukan dengan pelestarian ruang terbuka hijau. Vegetasi mampu menyerap karbon dioksida melalui proses fotosintesis dan menghasilkan oksigen. Kemampuan daya serap tersebut diperoleh dari kandungan biomassa pada vegetasi khususnya biomassa permukaan. Vegetasi memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim perlu adanya estimasi perhitungan kemampuan penyerapan karbon dioksida. Perhitungan secara konvensional memerlukan waktu dan biaya yang mahal karena memerlukan survei lapangan dan uji laboratorium untuk mengetahui cadangan

karbon. Alternatif atau cara lain yang lebih efektif dan efisien, dapat menggunakan pendekatan penginderaan jauh berdasarkan kandungan biomassa permukaan.

Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan data penginderaan jauh untuk perhitungan kemampuan daya serap karbon dioksida dilakukan oleh Widodo (2014) menggunakan data ALOS AVNIR-2 yang memiliki resolusi spasial 20m untuk estimasi kemampuan daya serap karbon dioksida berdasarkan biomassa hijau. Tujuan penelitian tersebut untuk mengestimasi agihan biomassa hijau berdasarkan nilai indeks vegetasi, mengestimasi daya serap emisi karbon dioksida, dan menganalisis keeratan hubungan antara biomassa hijau dan kemampuan daya serap emisi karbon dioksida di Kota Surakarta. Metode yang digunakan adalah transformasi indeks vegetasi *Normalized Vegetation Different Index* (NDVI) untuk mengklasifikasi kerapatan vegetasi untuk mengestimasi kandungan biomassa permukaan sehingga dapat diketahui estimasi penyerapan emisi karbon dioksida.

Data penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk pemetaan di permukaan bumi, salah satunya banyak dimanfaatkan dalam pemantauan sumber daya lahan terutama vegetasi. Citra Landsat 8 adalah salah data penginderaan jauh pasif dengan resolusi menengah yang memiliki dua sensor yaitu OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Data Landsat 8 merupakan data level 1T (ortorektifikasi) telah terkoreksi geometrik. Landsat 8 merekam setiap 16 hari sekali menggunakan 11 saluran pada sensor TIRS dan 8 saluran dengan sensor OLI. Pada sensor OLI maupun TIRS menggunakan saluran inframerah dekat dan saluran inframerah-1 dimana sangat cocok digunakan untuk pemantauan vegetasi.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis bermaksud melakukan penelitian yang berjudul “Estimasi Kemampuan Daya Serap Kandungan Biomassa terhadap Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Memanfaatkan Citra Landsat 8 di Kabupaten Klaten”. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis data sekunder dilengkapi survei lapangan. Penelitian ini menggunakan data Landsat 8 karena kemudahan perolehan data dan data bersifat aktual. Perbedaan penelitian ini dengan

sebelumnya adalah penggunaan indeks vegetasi inframerah II/*Normalize Difference Infrared Index* (NDII) hasil dari modifikasi atas NDVI, yaitu pengurangan dan penisbahan antara saluran inframerah dekat dan saluran inframerah-1. Pemilihan indeks vegetasi tersebut berdasarkan Jensen (2005) dalam Danoedoro (2012) yang melaporkan ada beberapa kelemahan penggunaan indeks-indeks vegetasi yaitu munculnya efek saturasi pada NDVI, dimana peningkatan kerapatan vegetasi tidak diimbangi dengan peningkatan NDVI. Berdasarkan kandungan biomassa permukaan selanjutnya dapat diestimasi kemampuan penyerapan karbon dioksida dari reaksi fotosintesis. Penelitian ini diharapkan menyajikan informasi yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian yang serupa sebelumnya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

1. Bagaimana besarnya hubungan transformasi indeks vegetasi dengan kandungan biomassa permukaan dalam menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)?
2. Bagaimana distribusi dan jumlah kemampuan daya serap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) berdasarkan biomassa permukaan di Kabupaten Klaten?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui besarnya hubungan transformasi indeks vegetasi dengan kandungan biomassa permukaan dalam menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
2. Menganalisis distribusi dan jumlah daya serap biomassa permukaan terhadap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di Kabupaten Klaten.

## **1.4 Kegunaan Penelitian**

Adapun kegunaan yang diharapkan dari penelitian ini secara ilmiah dan secara praktis yaitu:

1. Menyajikan informasi kandungan biomassa permukaan dalam menyerap karbon dioksida di Kabupaten Klaten melalui pendekatan analisis data penginderaan jauh dan pengolahan citra digital
2. Sebagai bahan pertimbangan atau saran bagi pemerintah untuk meningkatkan dan mempertahankan ruang terbuka hijau yang berperan dalam pengurangan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)

3. Meningkatkan kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap pentingnya ruang terbuka hijau untuk keberlangsungan lingkungan hidup yang sehat.

## **1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya**

### **1.5.1 Telaah Pustaka**

#### **1.5.1.1 Biomassa**

IPPC (2009) dalam Sutaryo (1995) menyatakan biomassa adalah total berat atau volume organisme/materi hidup dalam suatu area atau volume tertentu. Biomassa juga didefinisikan sebagai cadangan karbon. Pada ekosistem daratan cadangan karbon disimpan dalam 3 komponen pokok, yaitu:

1. Bagian hidup (biomassa) adalah massa dari bagian vegetasi yang masih hidup yaitu batang, ranting, dan tajuk pohon (berikut akar dan estimasinya), tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim
2. Bagian mati (nekromassa) adalah massa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang dan tunggul pohon), kayu tumbang/tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting, dan daun-daun gugur (seresah) yang belum terlapuk
3. Tanah (bahan organik tanah) adalah sisa makhluk hidup (tanaman, hewan, dan manusia) yang telah mengalami pelapukan, baik sebagian maupun seluruhnya, dan telah menjadi bagian dari tanah. Ukuran partikel biasanya lebih kecil dari 2 mm.

Terdapat 4 cara utama untuk menghitung biomassa yaitu (i) sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) secara *in situ*; (ii) sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*) dengan data pendataan hutan secara *in situ*; (iii) Pendugaan melalui penginderaan jauh; dan (iv) pembuatan model.

Inventarisasi karbon hutan menurut Sutaryo (2009) terdapat *carbon pool* yang diperhitungkan setidaknya ada 4 kantong karbon. Keempat kantong karbon tersebut adalah biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati dan karbon organik tanah.

1. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit

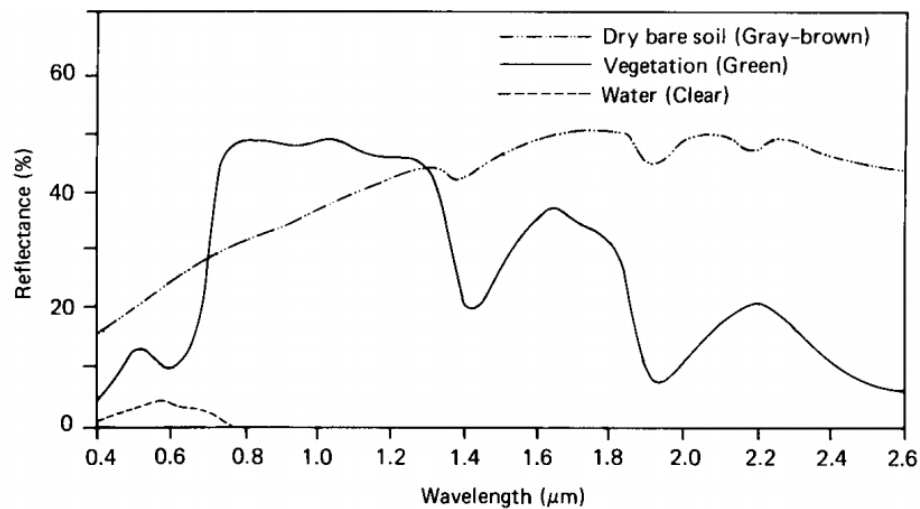
kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.

2. Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan serasah.
3. Bahan organik mati meliputi kayu mati dan serasah. Serasah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam serasah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.
4. Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

#### **1.5.1.2 Pantulan Spektral vegetasi**

Karakteristik pantulan spektral dari vegetasi dipengaruhi oleh kandungan pigmen daun, material organik, air dan karakteristik struktural daun seperti bentuk daun dan luas daun. Karakteristik pantulan spektral dari vegetasi dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu pada bagian saluran tampak ( $0,4 - 0,7 \mu\text{m}$ ) dan pada bagian saluran inframerah dekat / *Near Infra Red* ( $0,7 - 1,1 \mu\text{m}$ ). Gambar 1.2 berikut ini menunjukkan kurva pantulan spektral objek air, vegetasi, dan tanah.





Gambar 1. 2 Kurva Pantulan Spektral

(Sumber: Lillesand dan Kiefer, 2007)

Pada bagian saluran tampak, vegetasi memiliki nilai pantulan relatif rendah pada saluran biru dan merah dengan puncak minor pada saluran hijau (Mather, 2004 dalam Budiyanto, 2014). Pantulan spektral yang rendah pada saluran biru dan merah disebabkan vegetasi menyerap banyak energi pada kedua saluran tersebut. Energi pada saluran tersebut digunakan untuk fotosintesis pada daun. Jumlah energi yang terserap pada kedua spektrum tersebut mencapai 70% hingga 90% dari total energi yang datang ke permukaan daun. Pantulan spektral pada saluran biru dan merah yang relatif lebih rendah dibandingkan pada saluran hijau memberi efek visualisasi warna hijau pada daun. Daun nampak berwarna hijau oleh mata, karena kemampuan mata dalam menangkap saluran elektromagnetis berada pada saluran tampak saja.

Pantulan spektral meningkat secara drastis pada interval spektral antara 0,65 hingga 0,76  $\mu\text{m}$ . Zona intervalan spektral pada pola spektral vegetasi ini disebut dengan istilah titik batas merah (*red edge point*). Pada interval saluran inframerah dekat memiliki pantulan spektral yang relatif tinggi. Pantulan spektral yang tinggi antara 0,76 – 1,35  $\mu\text{m}$ . Selanjutnya pada interval 1,35 – 2,5  $\mu\text{m}$  pantulan spektral dipengaruhi oleh struktur internal daun. Faktor pengaruh yang dominan terhadap pantulan spektral pada intervalan 1,35 – 2,5  $\mu\text{m}$  ini adalah jumlah kandungan air pada lembar daun tersebut.

### 1.5.1.3 Kemampuan Vegetasi Menyerap CO<sub>2</sub>

Sutaryo (2009) menyebutkan vegetasi (pohon dan organisme foto-ototrof lainnya) melalui proses fotosintesis menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi buah dan lain-lain. Keseluruhan hasil dari proses fotosintesis ini sering disebut juga dengan produktivitas primer. Aktivitas respirasi, sebagian CO<sub>2</sub> yang sudah terikat akan dilepaskan kembali dalam bentuk CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Selain melalui respirasi, sebagian dari produktivitas primer akan hilang melalui berbagai proses misalnya herbivori dan dekomposisi. Adapun rumus dari fotosintesis adalah sebagai berikut:



Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) diserap oleh daun dari udara dan air (H<sub>2</sub>O) diserap dari dalam tanah melalui suatu proses kimia dengan bantuan cahaya matahari dan zat hijau daun (klorofil) menghasilkan karbohidrat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) sebagai cadangan makanan dan oksigen (O<sub>2</sub>). Fotosintesis oleh vegetasi menyerap CO<sub>2</sub> di udara kemudian mengubahnya menjadi O<sub>2</sub>. Penyerapan CO<sub>2</sub> dalam jumlah besar dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer sebagai gas rumah kaca penyebab pemanasan global. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis dapat menghasilkan iklim mikro yang dapat mengurangi pemanasan global dengan mendinginkan udara. Menurut IPC (2006 dalam Siwi, 2012) menyatakan daya serap beberapa tipe penutupan lahan ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Daya Serap Vegetasi Terhadap Gas CO<sub>2</sub> di Beberapa Tipe Penutup Lahan

Tipe Penutup Lahan	Daya Serap Gas CO <sub>2</sub>	
	(t CO <sub>2</sub> /ha/jam)	(t CO <sub>2</sub> /ha/tahun)
Ladang	0,15	657,000
Agroferestri		
• Multi jenis	0,84 - 1,64	3.679,20 - 7.358,40
• Sederhana dengan kerapatan tinggi	2,93 - 3,77	12.833,40 - 16.512,60
Sawah	0,04	175,20
Semak dan rumput	0,34	1.489,20
Hutan	0,13	569,40
Kebun	0,13	569,40

(Sumber: IPCC, 2006 dalam Siwi, 2012)

#### 1.5.1.4 Indeks Vegetasi

Danoedoro (2012) menjelaskan suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi atau aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan vegetasi. Ray (1995) dalam Danoedoro (2012) menjelaskan bahwa ada dua asumsi dasar dalam pengembangan dan penggunaan indeks vegetasi. Asumsi yang pertama ialah bahwa beberapa kombinasi dari aljabar dari saluran-saluran spektral dapat memberikan informasi tertentu tentang vegetasi. Asumsi kedua ialah semua tanah terbuka (gundul) pada suatu citra akan membentuk suatu garis imajiner yang disebut garis tanah, apabila piksel-piksennya diplot pada *feature space*. Garis tersebut diasumsikan sebagai garis yang mewakili piksel tanpa vegetasi.

Danoedoro (2012) menjelaskan indeks inframerah II/NDII mengandalkan kombinasi saluran inframerah dan saluran merah karena dilandasi asumsi bahwa kedua saluran tersebut paling representatif dan secara signifikan menunjukkan kecenderungan yang berkebalikan dalam menyajikan kerapatan vegetasi. Jensen (2015) dalam Danoedoro (2012) melaporkan bahwa ada beberapa kelemahan penggunaan indeks-indeks vegetasi yaitu munculnya efek saturasi pada NDVI, dimana peningkatan kerapatan vegetasi tidak diimbangi dengan peningkatan NDVI. Indeks Inframerah II adalah hasil modifikasi NDVI, dimana saluran merah diganti dengan saluran inframerah tengah seperti berikut ini:

$$\text{Indeks Inframerah II} = \frac{NIR - SWIR - 1}{NIR + SWIR - 1} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

NIR : nilai spektral saluran inframerah dekat

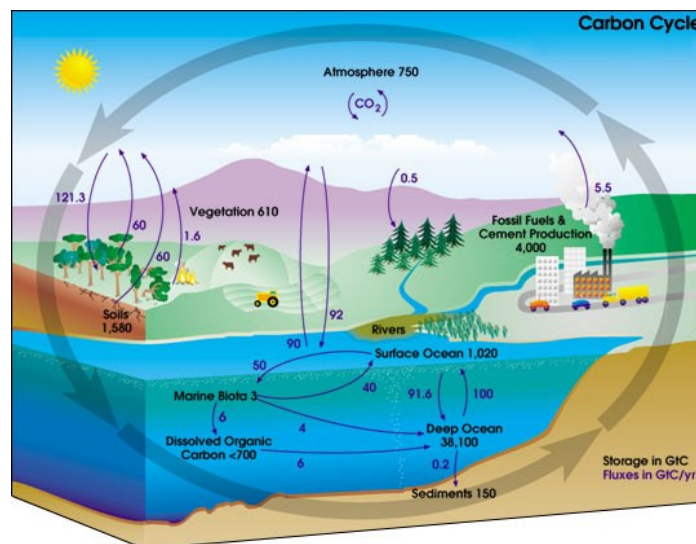
SWIR-1 : nilai spektral saluran inframerah-1

Rumus tersebut mengacu ke penelitian Hardisky *at al.* (1983, dalam Jensen, 2005) dan secara spesifik menggunakan saluran TM4 dan TM5 Landsat. Hasil penelitian tersebut diklaim lebih sensitif terhadap biomassa tanaman dan gangguan kandungan air dibandingkan menggunakan NDVI. Penggunaan rumus ini dengan citra satelit lain sebaiknya mempertimbangkan julat panjang gelombang (Danoedoro, 2012). Nilai indeks inframerah antara -1 dan 1, dimana nilai indeks inframerah yang rendah atau di bawah 0 menunjukkan reflektansi saluran

inframerah dekat lebih rendah daripada reflektansi saluran inframerah dekat-1. Jadi, nilai antara 0 sampai -1 menunjukkan objek non-vegetasi seperti air, tanah, atau awan dan nilai indeks diatas 0 sampai 1 menunjukkan vegetasi kerapatan berdasarkan kerapatannya.

#### 1.5.1.5 Siklus Karbon

Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Sutaryo (2009) menjelaskan siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran/perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling mempengaruhi proses lainnya. Siklus karbon di bumi dijelaskan pada Gambar 1.3 berikut ini.



Gambar 1. 3 Siklus Karbon di Bumi

(Sumber: Wikipedia)

Hutan, tanah laut dan atmosfer semuanya menyimpan karbon yang berpindah secara dinamis diantara tempat-tempat penyimpanan tersebut sepanjang waktu. Tempat penyimpanan ini disebut dengan kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Penggundulan hutan akan mengubah kesetimbangan karbon dengan meningkatkan jumlah karbon yang berada di atmosfer dan mengurangi karbon yang tersimpan di hutan, tetapi hal ini tidak menambah jumlah keseluruhan karbon yang berinteraksi dengan atmosfer. Simpanan karbon lain yang penting

adalah deposit bahan bakar fosil. Simpanan karbon ini tersimpan jauh di dalam perut bumi dan secara alami terpisah dari siklus karbon di atmosfer, kecuali jika simpanan tersebut di ambil dan dilepaskan ke atmosfer ketika bahan-bahan tersebut dibakar. Semua pelepasan karbon dari simpanan ini akan menambah karbon yang berada di kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Apa yang terjadi saat ini selain kerusakan hutan adalah begitu tingginya laju pembakaran bahan bakar fosil sehingga jumlah karbon yang berada di atmosfer meningkat dengan pesat.

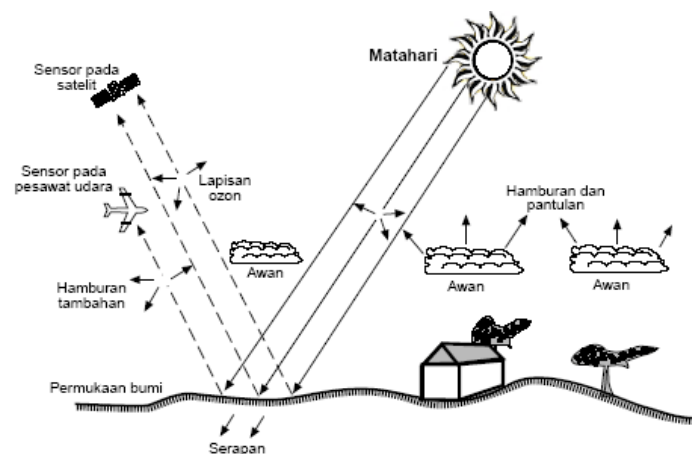
Tumbuhan akan mengurangi karbon ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana, dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan. Bawah permukaan tanah dan akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon selain tanah. Pada tanah gambut, jumlah simpanan karbon mungkin lebih besar dibandingkan dengan simpanan karbon yang ada di atas permukaan. Karbon juga masih tersimpan pada bahan organik mati dan produk-produk berbasis biomassa seperti produk kayu baik ketika masih dipergunakan maupun sudah berada di tempat penimbunan. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam *carbon pool* ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer (Sutaryo, 2009).

#### **1.5.1.6 Teknologi Penginderaan Jauh**

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau gejala dengan cara menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek, wilayah, atau gejala yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 2007). Sistem penginderaan jauh ideal yang telah dikembangkan memiliki keterbatasan umum sistem nyata yaitu sumber tenaga, atmosfer, dan interaksi antara tenaga dan benda di muka bumi. Seluruh sistem penginderaan jauh pasif menerima tenaga yang

dipantulkan atau yang dipancarkan dari kenampakan di permukaan bumi. Distribusi spektral tenaga pantulan sinar matahari dan tenaga pancaran dari benda sifatnya jauh dari seragam. Tingkat tenaga matahari lebih bervariasi menurut waktu, tempat, dan material yang berbeda di permukaan bumi yang memancarkan tenaga yang berbeda tingkat efisiensinya. Atmosfer biasanya merumitkan masalah yang ditimbulkan oleh variasi sumber tenaga hingga tingkat tertentu. Atmosfer selalu mengubah distribusi spektral dan besarnya tenaga yang diterima oleh suatu sensor.

Penginderaan jauh akan semakin sederhana jika setiap benda memancarkan dan memantulkan tenaga secara unik yang diketahui. Spektral memerankan peranan penting di dalam deteksi, identifikasi, dan analisis material di muka bumi. Jenis benda yang berbeda dapat memiliki kesamaan spektral dan mempersulit pembedaan benda tersebut. Sensor merupakan suatu bagian dari sistem penginderaan jauh yang peka terhadap panjang gelombang. Sebenarnya tidak ada satu pun sensor yang peka terhadap seluruh panjang gelombang, semua sensor nyata terbatas kepekaan spektralnya dan terbatas untuk mengindera benda kecil di permukaan bumi. Pemilihan sensor untuk tugas tertentu memperhatikan keunggulan dan keterbatasannya. Pada Gambar 1.4 berikut diilustrasikan sistem penginderaan jauh.



Gambar 1. 4 Interaksi antara Tenaga Elektromagnetik dan Atmosfer

(Sumber: Lillesand dan Kiefer, 2007)

### 1.5.1.7 Citra Landsat 8

Misi dari Program Landsat adalah untuk memberikan akuisisi data multispektral berulang resolusi menengah dari permukaan bumi secara global. Landsat merupakan satu-satunya sumber, terkalibrasi, pengukuran resolusi global yang spasial sedang permukaan bumi yang diarsipkan dalam arsip nasional dan tersedia secara bebas untuk umum. Data dari wahana ruang angkasa Landsat merupakan rekor terpanjang di permukaan bumi seperti yang terlihat dari ruang angkasa.

Observatorium Landsat 8 menawarkan fitur-fitur ini:

1. Data Kontinuitas: Landsat 8 adalah yang terbaru dalam serangkaian terus menerus dari satelit penginderaan jauh yang dimulai pada tahun 1972.
2. Misi Survei Global: data Landsat 8 secara sistematis membangun dan secara berkala arsip global matahari terbaru, gambar secara substansial bebas awan dari daratan bumi.
3. Produk Data Standard Gratis: produk data Landsat 8 yang tersedia melalui USGS EROS *Center* tanpa biaya.
4. Radiometri dan Kalibrasi Geometri: Data dari dua sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), dikalibrasi untuk lebih dari 5% ketidakpastian dalam hal pantulan *Top of Atmosfer* atau pancaran spektral mutlak, dan memiliki akurasi geodetik mutlak lebih baik dari 65 m melingkar kesalahan pada *confidence* 90% (CE 90).
5. Pengiriman Responsif: sistem pemrosesan permintaan otomatis menyediakan produk secara elektronik dalam waktu 48 jam dari order (biasanya lebih cepat).

Beberapa kemampuan sistem Landsat 8 meliputi:

1. Menyediakan untuk koleksi global secara sistematis, resolusi tinggi, data multispektral.
2. Menyediakan untuk pengumpulan data volume tinggi. Tidak seperti misi sebelumnya, Landsat 8 jauh melampaui koleksi rata dari 400 *scene* per hari. Landsat 8 secara rutin melebihi 650 *scene* per gambar hari dan dikumpulkan di arsip USGS.

3. Menggunakan prediksi tutupan awan untuk menghindari memperoleh data kurang berguna.
4. Memastikan semua data dicitrakan dikumpulkan oleh stasiun tanah AS.

Landsat 8 membawa dua sensor *payload*: *Operational Land Imager* (OLI) dibangun oleh *Ball Aerospace & Technologies Corporation*; dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dibangun oleh NASA *Goddard Space Flight Center* (GSFC). Keduanya, sensor OLI dan TIRS secara bersamaan merekam setiap *scene* secara independen. Dalam operasi normal sensor melihat bumi di titik nadir pada jalur orbit *sun-synchronous* WRS-2 tetapi koleksi khusus dapat dijadwalkan *off-nadir*. Kedua sensor menawarkan kemajuan teknis lebih instrumen Landsat sebelumnya. Wahana ruang angkasa dengan dua sensor terpadu yang disebut sebagai observatorium Landsat 8. Semua produk Landsat 8 merupakan data standar Level 1 (Ortorektifikasi). Spesifikasi data produk Landsat 8 meliputi:

1. Proses: level 1-T (koreksi terrain) OLI saluran multispektral 1 – 9, 9: 30 m
  2. OLI saluran pankromatik: saluran 8, 15 m
  3. Ukuran piksel: Saluran TIRS 10 -11: direkam pada 100 m tetapi *di-resample* menjadi 30 m untuk mencocokkan saluran multispektral OLI
    - Format data: GeoTIFF
    - *Resampling*: *Cubic Convolution* (CC)
    - Orientasi: *North Up* (MAP)
    - Proyeksi/Datum: *Universal Transverse Mercator* (UTM)/ WGS 84
    - *Error* global : 12 m
    - Resolusi radiometri: 16 bit
    - Resolusi temporal: 16 hari
    - Ukuran *file*: mencapai 1 GB (terkompres) atau 2 GB (tidak terkompres)
- (*Landsat User Handbook*, 2015).

Landsat 8 memiliki 9 saluran pada sensor OLI dan 11 saluran pada sensor TIRS. Tabel 1.2 merupakan saluran-saluran yang dimiliki Landsat 8 OLI/TIRS.



Tabel 1. 2 Saluran Landsat 8 Sensor OLI/TIRS

Landsat-8 OLI and TIRS Bands ( $\mu\text{m}$ )		
30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

(Sumber: *Landsat User Handbook*, 2015)

Saluran-saluran pada sensor OLI yaitu saluran 1 (coastal aerosol) julat 0,435 – 0,451  $\mu\text{m}$ , saluran 2 (blue) julat 0,452 – 0,512  $\mu\text{m}$ , saluran 3 (green) julat 0,533 – 0,590  $\mu\text{m}$ , saluran 4 (red) julat 0,636 – 0,673  $\mu\text{m}$ , saluran 5 (near infrared) julat 0,851 – 0,879  $\mu\text{m}$ , saluran 6 (short wavelenght infrared-1) julat 1,566 – 1,651  $\mu\text{m}$ , saluran 7 (short wavelenght infrared-2) julat 2,107 – 2,294  $\mu\text{m}$ , saluran 8 (pancrhromatic) julat 0,503 – 0,676  $\mu\text{m}$ , dan saluran 9 (cirrus) julat 1,363 – 1,384  $\mu\text{m}$ . Saluran pada sensor TIRS sama dengan sensor OLI hanya ditambah dua saluran yaitu saluran 10 (thermal infrared-1) julat 10,6 – 11,19  $\mu\text{m}$  dan saluran 11 (thermal infrared) julat 11,5 – 12,51  $\mu\text{m}$ .

### 1.5.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang berhubungan dengan estimasi biomassa terhadap penyerapan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain Sukentyas (2012), Syaiful (2014), dan Nur Aziz (2014).

Menurut Sukentyas (2012) dalam penelitiannya kemampuan ruang terbuka hijau dalam menyerap gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di Kota Depok menggunakan data Landsat 7ETM+ dan SPOT 4 menunjukkan selama kurun waktu 11 tahun (tahun 2000 - 2011) terjadi penurunan luas ruang terbuka hijau di Kota Depok

dengan semakin berkurangnya luas ruang terbuka hijau mengakibatkan menurunnya kandungan biomassa hijau serta kemampuan ruang terbuka hijau tersebut dalam menyerap gas CO<sub>2</sub> sebesar 1.116.681 kg CO<sub>2</sub>. Metode yang digunakan antara lain menerapkan algoritma NDVI untuk pemisahan vegetasi dan non-vegetasi dan menghitung penyerapan biomassa dengan persamaan reaksi fotosintesis.

Syaiful (2014) dalam penelitian aplikasi citra ALOS AVNIR-2 untuk estimasi stok karbon dan serapan CO<sub>2</sub> dengan menggunakan indeks vegetasi pada hutan tropis kabupaten Gunungkidul menunjukkan nilai indeks vegetasi *Different Vegetation Index* (DVI) memiliki nilai korelasi yang besar untuk biomassa dan kandungan karbon untuk serapan CO<sub>2</sub>. Nilai biomassa total 1274,032 kg/Ha, nilai kandungan karbon total 603,806 kg/Ha, dan nilai serapan CO<sub>2</sub> total 2973,382 kg/Ha. Aplikasi tersebut menggunakan metode transformasi indeks vegetasi yang dikombinasikan dengan perhitungan allometrik data pengukuran lapangan kemudian dilakukan analisis regresi.

Nur Aziz (2014) dalam penelitian analisis estimasi kemampuan daya serap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) berdasarkan biomassa hijau melalui pemanfaatan Citra ALOS AVNIR-2 di kota Surakarta menunjukkan Citra ALOS AVNIR-2 dapat digunakan untuk pemetaan kelas indeks vegetasi NDVI dengan ketelitian klasifikasi sebesar 88,5%. Kota Surakarta memiliki kandungan biomassa hijau sebesar 197.973,10 kg yang mampu menyerap emisi karbon dioksida di Kota Surakarta sebesar 291.020,46 kg. Biomassa hijau dan kemampuan daya serap emisi karbon dioksida mempunyai tingkat keeratan hubungan yang sangat kuat dengan arah korelasi yang positif dan searah dimana besarnya biomassa hijau berbanding lurus dengan kemampuan daya serap emisi karbon dioksida. Metode yang digunakan adalah transformasi indeks vegetasi NDVI dan perhitungan kandungan biomassa lapangan.

Penelitian “Estimasi Kemampuan Daya Serap Biomassa Hijau terhadap Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Memanfaatkan Citra Landsat 8 di Kabupaten Klaten” menggunakan metode Transformasi indeks vegetasi yaitu indeks vegetasi inframerah II. Transformasi tersebut berdasarkan rasio saluran inframerah dekat

dan saluran inframerah-1. Selain transformasi indeks vegetasi, dilakukan perhitungan kandungan biomassa lapangan dengan sampel serta persamaan fotosintesis untuk estimasi daya serap karbon dioksida. Tujuan penelitian ini yaitu analisis korelasi dan nilai regresi antara transformasi indeks vegetasi dan nilai biomassa permukaan dalam menyerap karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) menggunakan persamaan fotosintesis serta analisis distribusi dan jumlah daya serap biomassa permukaan terhadap emisi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di Kabupaten Klaten. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini yaitu jumlah kandungan biomassa permukaan, jumlah daya serap karbon dioksida, dan distribusi daya serap karbon dioksida di Kabupaten Klaten.

Perbedaan penelitian ini dengan tiga penelitian yang sebelumnya adalah metode pengolahan citra menggunakan transformasi indeks vegetasi yaitu indeks inframerah II/NDII dan perhitungan biomassa lapangan, memanfaatkan data penginderaan jauh resolusi menengah yaitu Landsat 8, serta wilayah penelitian di Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah. Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah menggunakan metode transformasi indeks vegetasi untuk memperoleh kerapatan vegetasi dan menggunakan persamaan reaksi fotosintesis untuk menurunkan informasi kemampuan daya serap karbon dioksida. Perbandingan penelitian sebelumnya dan penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.3 berikut ini.

Tabel 1. 3 Penelitian Sebelumnya

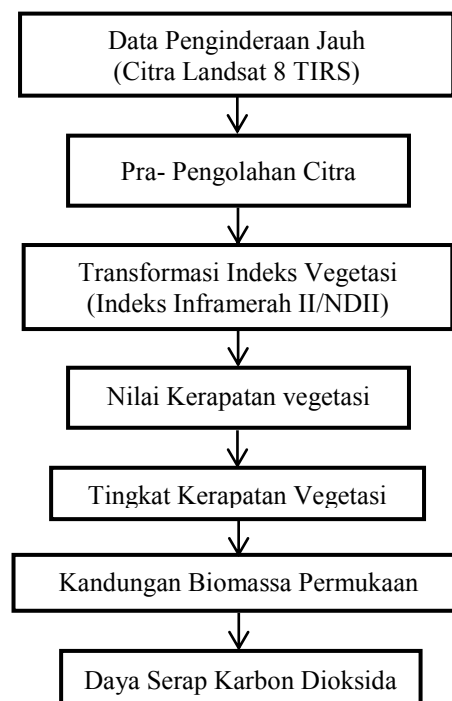
Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Sukentyas Estuti Siwi	Kemampuan Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap Gas Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) di Kota Depok	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghitung dan memetakan persebaran ruang terbuka hijau di Kota Depok</li> <li>2. Menghitung korelasi antara indeks vegetasi (NDVI) dengan karakteristik tajuk, tutupan vegetasi bawah, dan biomassa</li> <li>3. Menghitung estimasi biomassa hijau dan kemampuan ruang terbuka hijau dalam menyerap CO<sub>2</sub></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pra- pengolahan meliputi koreksi geometri dan koreksi radiometri</li> <li>2. Pengolahan tahap lanjut menerapkan algoritma NDVI untuk pemisahan vegetasi dan non-vegetasi.</li> </ol>	Selama kurun waktu 11 tahun (tahun 2000 – 2011) terjadi penurunan luas ruang terbuka hijau di Kota Depok sebesar 2.691,22 Ha, mengakibatkan menurunnya kandungan biomassa hijau sebesar 759.890 kg dan kemampuan ruang terbuka hijau tersebut dalam menyerap gas CO <sub>2</sub> sebesar 1.116.681 kg CO <sub>2</sub>
Syaiful Muflichin Purnama	Aplikasi Citra ALOS AVNIR-2 Untuk Estimasi Stok Karbon dan Serapan CO <sub>2</sub> dengan Menggunakan Indeks Vegetasi Pada Hutan Tropis Kabupaten Gunungkidul	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengetahui metode transformasi indeks vegetasi terbaik dalam pendugaan stok karbon dan serapan CO<sub>2</sub> liputan pohon di hutan tropis kawasan KPH Kabupaten Gunungkidul</li> <li>2. Estimasi kandungan stok karbon dan serapan CO<sub>2</sub> liputan pohon di hutan tropis kawasan KPH Kabupaten Gunungkidul menggunakan metode allometrik dan penginderaan jauh</li> </ol>	Transformasi indeks vegetasi yang dikombinasikan dengan perhitungan allometrik data pengukuran dilapangan kemudian dilakukan analisis regresi.	Hasil penelitian menunjukkan nilai indeks vegetasi <i>Different Vegetation Index</i> (DVI) memiliki nilai korelasi terbesar untuk biomassa, $r = 0,80$ dan $R^2 = 0,65$ kandungan karbon, $r = 0,80$ dan $R^2 = 0,64$ untuk serapan CO <sub>2</sub> , $r = 0,69$ dan $R^2 = 0,47$ . Nilai biomassa total 1274,032 kg/Ha, nilai kandungan karbon total 603,806 kg/Ha, dan nilai serapan CO <sub>2</sub> total 2973,382 kg/Ha

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Metode</b>	<b>Hasil</b>
Nur Aziz Widodo	Analisis Estimasi Kemampuan Daya Serap Emisi Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) Berdasarkan Biomassa Hijau Melalui Pemanfaatan Citra ALOS AVNIR-2 (Kasus di Kota Surakarta)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. mengkaji kemampuan Citra ALOS AVNIR-2 untuk pemetaan indeks vegetasi menggunakan transformasi indeks NDVI</li> <li>2. Mengestimasi distribusi biomassa hijau berdasarkan perhitungan persamaan regresi linier antara nilai indeks vegetasi NDVI dan kandungan biomassa lapangan</li> <li>3. Mengestimasi kemampuan daya serap emisi karbon dioksida berdasarkan biomassa hijau melalui konversi nilai biomassa hijau menggunakan persamaan reaksi fotosintesis serta</li> <li>4. Menganalisis keeratan hubungan antara biomassa hijau dan kemampuan daya serap emisi karbon dioksida</li> </ol>	Metode yang digunakan adalah penginderaan jauh, NDVI. Perhitungan kandungan menggunakan pendekatan oleh George W. Cox (1976) dalam Siwi (2012). Estimasi kandungan biomassa hijau menggunakan model persamaan matematis regresi linier antara indeks vegetasi NDVI dan kandungan biomassa lapangan sedangkan untuk estimasi kemampuan daya serap emisi karbon dioksida dilakukan dengan konversi kandungan biomassa hijau berdasarkan persamaan reaksi fotosintesis.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Citra ALOS AVNIR-2 dapat digunakan untuk pemetaan kelas indeks vegetasi NDVI dengan ketelitian klasifikasi sebesar 88,5 %.</li> <li>2. Hasil estimasi agihan biomassa hijau di Kota Surakarta diperoleh kandungan biomassa hijau sebesar 197.973,10 kg</li> <li>3. Kemampuan daya serap emisi karbon dioksida di Kota Surakarta sebesar 291.020,46 kg.</li> <li>4. Biomassa hijau dan kemampuan daya serap emisi karbon dioksida mempunyai tingkat keeratan hubungan yang sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi <math>r=1</math> (positif)</li> </ol>
*Ike Nur Lailiya	Estimasi Kemampuan Daya Serap Biomassa Permukaan Terhadap Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) Memanfaatkan Citra Landsat 8 di Kabupaten Klaten	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengetahui besarnya hubungan indeks vegetasi dengan biomassa permukaan dalam menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menggunakan persamaan fotosintesis</li> <li>2. Menganalisis distribusi dan jumlah daya serap biomassa permukaan terhadap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di Kabupaten Klaten</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pra-pengolahan adalah koreksi radiometrik</li> <li>2. Pengolahan menggunakan transformasi indeks inframerah II</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Besarnya kekuatan transformasi indeks vegetasi dan nilai biomassa permukaan dalam menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)</li> <li>2. Distribusi dan jumlah daya serap biomassa permukaan terhadap karbon dioksida di Kabupaten Klaten</li> </ol>

\*Penelitian yang akan dilakukan

### 1.6 Kerangka Penelitian

Perubahan iklim membawa dampak yang signifikan terhadap keadaan bumi sebagai akibat fenomena pemanasan global. Kandungan gas rumah kaca yang tidak seimbang di atmosfer menyebabkan peningkatan suhu bumi. Kerangka penelitian didasarkan atas peningkatan emisi gas rumah kaca khususnya karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) akibat aktivitas manusia yang berhubungan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Karbon dioksida yang semakin meningkat menyebabkan suhu bumi atau atmosfer menghangat dalam kurun waktu terakhir. Peningkatan  $\text{CO}_2$  seharusnya diimbangi pemeliharaan hutan atau ruang terbuka hijau karena secara ilmiah vegetasi mampu menyerap  $\text{CO}_2$  melalui proses fotosintesis. Penyerapan  $\text{CO}_2$  oleh vegetasi dapat diestimasi menggunakan suatu metode penginderaan jauh melalui pendugaan kerapatan vegetasi. Permasalahan tersebut memicu penelitian ini untuk mengkaji kemampuan daya serap biomassa permukaan terhadap  $\text{CO}_2$ . Alur kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.5 berikut.



Gambar 1. 5 Kerangka Penelitian

### 1.7 Batasan Operasional

Lingkup penelitian ini yaitu pemanfaatan citra Landsat 8 untuk estimasi kandungan biomassa permukaan melalui transformasi indeks Inframerah II, penghitungan kandungan biomassa permukaan di seluruh wilayah kajian dengan survei sampel lapangan, mengestimasi kemampuan penyerapan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) oleh biomassa permukaan. Beberapa batasan operasional dalam penelitian ini yang perlu dijelaskan yaitu:

1. **Biomassa** adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (IPCC,1995 dalam Sutaryo,2009).
2. **Biomassa permukaan** adalah semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan tunggul, cabang, kulit kayu, biji, dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon(Sutaryo,2009).
3. **Indeks Inframerah II** adalah modifikasi atas NDVI, yaitu perbandingan dan pengurangan antara saluran inframerah dekat dan saluran inframerah tengah untuk menyajikan fenomena kerapatan vegetasi (Danoedoro, 2012).
4. **Indeks Vegetasi** adalah suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi atau aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan vegetasi (Danoedoro, 2012).
5. **Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ )** adalah gas yang tidak berwarna dan tidak mudah terbakar pada suhu dan tekanan normal yang terdiri dari satu atom karbon (C) dan dua atom oksigen (O) (UCAR, 2006)
6. **Landsat 8 TIRS** adalah data penginderaan jauh pasif resolusi menengah yang membawa sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) yang dimanfaatkan untuk mengestimasi kandungan biomassa permukaan dalam menyerap karbon dioksida
7. **Siklus Karbon** adalah istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan perubahan karbon (dalam berbagai bentuk) di atmosfer, laut, biosfer terestrial dan deposit geologis (Sutaryo,2009).